

Фотоприемная ячейка с разделением цветов

Изобретение относится к микроэлектронике, а более конкретно к производству интегральных многоэлементных фотоприемников, например, для видеокамер и цифровой фотографии.

Известны фотоприемные ячейки для интегральных многоэлементных фотоприемников, выполненные в виде фотодиодов (1), предназначенных для считывания изображения во всем видимом диапазоне длин волн.

Недостатком таких фотоприемных ячеек является невозможность выявления составляющих светового потока с различными длинами волн, что обуславливает необходимость использования — внешних по отношению к собственно ячейкам светофильтров.

Известны также фотоприемные ячейки с разделением цветов падающего светового потока, содержащие в кремниевой подложке первого типа проводимости области, образующие *p-n* переходы для разделения носителей заряда, генерированных различными составляющими светового потока от элемента изображения, проецируемого на поверхность ячейки (2).

Известны фотоячейки с разделением цветов (3), содержащие в кремниевой подложке первый и второй *p-n* переходы, удаленные на различные расстояния от поверхности, покрытой слоем двуокиси кремния.

Данное техническое решение является наиболее близким к заявляемому по технической сущности и выбирается в качестве прототипа.

Известные фотоприемные ячейки имеют следующие существенные недостатки:

- сравнительно низкое пространственное разрешение проецируемого на фотоприемник изображения;

- большое число фоточувствительных элементов, необходимых для считывания трехкомпонентного сигнала, несущего информацию о цвете и, следовательно, большая площадь, занимаемая фотоячейкой на кристалле интегрального фотоприемника.

Техническим результатом настоящего изобретения является повышение пространственного разрешения проецированного изображения и их динамического диапазона.

Другим техническим результатом настоящего изобретения является уменьшение площади фотоячейки.

Эти технические результаты достигнуты в фоточувствительной ячейке с разделением цветовых компонент света, падающего на ее поверхность, сформированной в кремниевой подложке первого типа проводимости с невыпрямляющим контактом и включающей:

- первую область второго типа проводимости, расположенную в приповерхностном слое подложки, разделенную на первую, вторую и третью части областями двуокиси кремния, снабженные первым, вторым и третьим невыпрямляющими контактами и образующие с подложкой первый, второй и третий *p-n*-переходы;

- вторую высоколегированную область одинакового с подложкой типа проводимости, расположенную под упомянутой первой областью и формирующую первый потенциальный барьер для носителей заряда, генерированных в области подложки под первым барьером;

- третью высоколегированную область одинакового с подложкой типа проводимости, расположенную под упомянутой второй высоколегированной областью, формирующую второй потенциальный барьер для носителей заряда, генерированных в области подложки под вторым барьером;

- четвертую высоколегированную область одинакового с подложкой типа проводимости, расположенную под упомянутой третьей высоколегированной областью, формирующую третий потенциальный барьер для носителей заряда, генерированных в области подложки под третьим барьером;

- упомянутые вторая, третья и четвертая высоколегированные области имеют взаимное расположение и конфигурацию, обеспечивающую формирование первого и второго каналов для диффузии неосновных носителей заряда,

генерированных в областях подложки, расположенных под первым и вторым потенциальными барьерами соответственно к первому и третьему p - n -переходами при этом длина каналов не превышает диффузионной длины неосновных носителей заряда;

- упомянутые первый, второй и третий невыпрямляющие контакты подключены к выходу фоточувствительной ячейки и положительному полюсу источника напряжения, отрицательный полюс которого соединен с невыпрямляющим контактом к подложке.

Фоточувствительная ячейка с разделением цветов согласно настоящему изобретению иллюстрируется приведенными чертежами.

На фиг.1 приведен схематический разрез интегральной структуры фоточувствительной ячейки согласно настоящему изобретению.

На фиг.2 приведен схематический разрез интегральной структуры фоточувствительной ячейки согласно настоящему изобретению в процессе ее изготовления после операции формирования латеральных p^+ -областей имплантацией бора.

На фиг.3 приведен схематический разрез интегральной структуры фоточувствительной ячейки согласно настоящему изобретению в процессе ее изготовления после операции формирования вертикальных p^+ -областей в подложке имплантацией атомов бора с различной энергией.

На фиг.4 приведен схематический разрез интегральной структуры фоточувствительной ячейки согласно настоящему изобретению в процессе ее изготовления после операции формирования приповерхностных контактных p^{++} -областей.

На фиг.5 приведен схематический разрез интегральной структуры фоточувствительной ячейки согласно настоящему изобретению в процессе ее изготовления после операции формирования боковой диэлектрической изоляции.

Чертежи фиг.2–5 иллюстрируют один из возможных способов изготовления фоточувствительной ячейки с разделением цветов согласно настоящему изобретению.

Фоточувствительная ячейка с разделением цветовых компонент света, падающего на ее поверхность, согласно настоящему изобретению, сформирована в кремниевой подложке 1-го типа проводимости с невыпрямляющим контактом 2 и включает:

- первую область 3-го типа проводимости, расположенную в приповерхностном слое подложки, разделенную на первую 3.1, вторую 3.2 и третью 3.3 части областями двуокиси кремния 4, снабженные первым 5, вторым 6

и третьим 7 невыпрямляющими контактами и образующие с подложкой первый 8, второй 9 и третий 10 *p-n*-переходы;

- первую высоколегированную область 11 одинакового с подложкой типа проводимости, расположенную под упомянутой первой областью 3 и формирующую первый потенциальный барьер для носителей заряда, генерированных в области подложки 1 под первым барьером;

- вторую высоколегированную область 12 одинакового с подложкой типа проводимости, расположенную под упомянутой первой высоколегированной областью, формирующую второй потенциальный барьер для носителей заряда, генерированных в области подложки под вторым барьером;

- третью высоколегированную область 13 одинакового с подложкой 1 типа проводимости, расположенную под упомянутой второй высоколегированной областью, формирующую третий потенциальный барьер для носителей заряда, генерированных в области подложки под третьим барьером;

- упомянутые первая, вторая и третья высоколегированные области имеют взаимное расположение и конфигурацию, обеспечивающую формирование первого 14 и второго 15 каналов для диффузии неосновных носителей заряда, генерированных в областях подложки, расположенных под первым и вторым потенциальными барьерами соответственно к первому 8 и третьему 10 *p-n*-переходам при этом длина каналов не превышает диффузионной длины неосновных носителей заряда;

- упомянутые первый 5, второй 6 и третий 7 невыпрямляющие контакты подключены к соответственно к первому, второму и третьему выходам фотоприемной ячейки, которые через схемы считывания подключены к положительному полюсу источника напряжения, отрицательный полюс которого соединен с невыпрямляющим контактом 2 к подложке 1.

Схемы считывания фототоков на фиг.1 обозначены А1, А2 и А3 и могут быть выполнены в виде электронных схем, сформированных на подложке 1 в едином с фотоприемной ячейкой технологическом процессе.

Фотоприемные ячейки согласно настоящего изобретения могут быть скомпонованы в матрицу сверхбольшой интегральной схемы многоэлементного фотоприемного устройства.

Фоточувствительная ячейка согласно настоящего изобретения может быть изготовлена, например, способом, иллюстрируемым фиг.2-6.

Технологический процесс изготовления основан на многократном использовании процессов ионной имплантации и последующих активационных отжигов. Процесс может использовать следующие технологические операции:

1. Формирование ретроградно-легированных латерально-барьерных p^+ -областей (16, 17, 18 и 19) имплантацией бора. Характерная концентрация активированного бора в этих областях составляет порядка $\sim 1 \cdot 10^{17} \dots 3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

2. Формирование вертикально-барьерных p^+ -областей (11, 12, 13) в p -подложке 1 путем однократной (для каждой области) имплантации атомов бора соответствующих энергий. Так, область 11 должна быть центрирована на глубине $\sim 0,4 \mu\text{m}$, область 12 – на глубине $\sim 1,2 \mu\text{m}$, а область 13 – на глубине $\sim 2,5 \mu\text{m}$. Характерная концентрация активированного бора в этих областях также составляет порядка $\sim 1 \cdot 10^{17} \dots 3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

3. Формирование приповерхностной контактной p^{++} -области 2 к p -подложке 1 (фиг.4).

4. Формирование n^+ -легированной приповерхностной области 3 имплантацией атомов мышьяка на глубине порядка $0,2 \mu\text{m}$, образующей p - n -переход (фиг.5).

5. Разделение приповерхностной области 3 слоем двуокиси кремния 4 на первую 3.1, вторую 3.2 и третью 3.3 части, образующие с подложкой 1 первый 8, второй 9 и третий 10 p - n -переходы.

Приведенным примером не исчерпываются все возможные варианты изготовления фотоприемной ячейки с разделением цветов согласно настоящему изобретению.

Фотоприемная ячейка согласно настоящему изобретению работает следующим образом.

Световой поток от элемента изображения определенной цветности, соответствующей определенному спектральному составу в видимом диапазоне оптического спектра, проецируется на поверхность фотоприемной ячейки. Согласно известному свойству дисперсии показателя поглощения света в кремнии, фотоны различных длин волн, составляющие указанный световой поток,

характеризуются соответственно различной глубиной фундаментального поглощения, обусловленного генерацией электронно-дырочных пар. В предлагаемой фотоприемной ячейке, представляющей собой монокристаллическую совокупность трех n^+-p фотодиодов 8, 9 и 10, фотоактивные p -области которых конфигурированы и изолированы друг от друга связной высоколегированной p^+ -областью, сформированной определенной последовательностью ионных имплантаций соответствующих доз и энергий, и образующей энергетические барьеры между соответствующими низколегированными p -областями этих фотодиодов: 8-14, 9-15, 10-16. При этом происходит разделение фотоэлектронов по месту их генерации между диодными структурами 8, 9, 10, что и несет информацию о цветности генерировавших их фотонов. При этом благодаря наличию указанных барьерных областей, а также считывающих p - n -переходов, в глубине подложки под фоточувствительной областью образуется потенциальный профиль, необходимый и достаточный для формирования диффузионных потоков разделенных "цветовых" компонент неосновных носителей к различным считывающим контактам, а именно:

- фотогенерированные носители, рожденные выше первой высоколегированной области 11 одинакового с подложкой типа проводимости собираются к считывающей области пространственного заряда p - n -перехода 9. При этом указанная барьерная область 11 препятствует взаимному проникновению фотогенерированных носителей между каналом для диффузии неосновных носителей заряда 14 и считывающей области пространственного заряда p - n -перехода 9;

- фотогенерированные носители, рожденные глубже первой высоколегированной области 11 одинакового с подложкой типа проводимости и выше второй высоколегированной области 12 одинакового с подложкой типа проводимости собираются к считывающей области пространственного заряда p - n -перехода 8. При этом указанная барьерная область 12 препятствует взаимному проникновению фотогенерированных носителей между каналами для диффузии неосновных носителей заряда 14 и 15;

- фотогенерированные носители, рожденные глубже второй высоколегированной области 12 одинакового с подложкой типа проводимости и

выше третьей высоколегированной области 13 одинакового с подложкой типа проводимости собираются к считывающей области пространственного заряда p - n -перехода 10. При этом указанная барьерная область 13 препятствует взаимному проникновению носителей, фотогенерированных ниже барьерной области 13 и отвечающих инфракрасному диапазону спектра оптического излучения, в канал для диффузии неосновных носителей заряда 15;

- латерально-барьерные ретроградно-легированные p^+ -области 16, 17, 18 и 9 также препятствуют взаимному проникновению фотогенерированных носителей между имеющимися каналами диффузии и считывающими области пространственного заряда p - n -переходов 8, 9, 10.

Сформированные таким образом компоненты фототока, отвечающие спектральному составу падающего на поверхность фотоячейки светового потока, собираются с выходов 1, 2, 3 посредством контактов 5, 6, 7 к схемам считывания А1, А2, А3. Схемы считывания являются внешними по отношению к фотоприемной ячейке и могут быть выполнены известными способами, например, так же как в прототипе.

Фотоприемная ячейка с разделением цветов может найти широкое применение в многоэлементных фотоприемниках для видеокамер и цифровых фотоаппаратах.

Литература

1. USA Patent № 5,668,596 September, 1997.
2. USA Patent № 5,965,875 October, 1999.
3. Agilent Technologies HDCS Family of CMOS Image Sensors, Product Technical Specification HDCS-2020/1020 // Imaging Electronics Division / Agilent Technologies, Inc. / March 30, 2000.
4. High Speed CMOS Logic Data Book. Texas Instruments Ltd, 1991.
5. LVT Low Voltage Technology. Texas Instruments Ltd, 1992.

Формула

Фотоприемная ячейка с разделением цветовых компонент света, падающего на ее поверхность, сформирована в кремниевой подложке первого типа проводимости с невыпрямляющим контактом и включающая:

- первую область второго типа проводимости, расположенную в приповерхностном слое подложки, разделенную на первую, вторую и третью части областями двуокиси кремния, снабженные первым, вторым и третьим невыпрямляющими контактами и образующие с подложкой первый, второй и третий *p-n*-переходы;

- первую высоколегированную область одинакового с подложкой типа проводимости, расположенную под упомянутой первой второй типа проводимости областью и формирующую первый потенциальный барьер для носителей заряда, генерированных в области подложки под первым барьером;

- вторую высоколегированную область одинакового с подложкой типа проводимости, расположенную под упомянутой первой высоколегированной областью, формирующую второй потенциальный барьер для носителей заряда, генерированных в области подложки под вторым барьером;

- третью высоколегированную область одинакового с подложкой типа проводимости, расположенную под упомянутой второй высоколегированной областью, формирующую третий потенциальный барьер для носителей заряда, генерированных в области подложки под третьим барьером;

- упомянутые первая, вторая и третья высоколегированные области имеют взаимное расположение и конфигурацию, обеспечивающую формирование первого и второго каналов для диффузии неосновных носителей заряда, генерированных в областях подложки, расположенных под первым и вторым потенциальными барьерами соответственно к первому и третьему *p-n*-переходам при этом длина каналов не превышает диффузионной длины неосновных носителей заряда;

- упомянутые первый, второй и третий невыпрямляющие контакты подключены к первому, второму и третьему выходам фоточувствительной ячейки, которые через схемы считывания подключены к положительному источнику

напряжения, отрицательный полюс которого соединен с невыпрямляющим контактом к подложке.

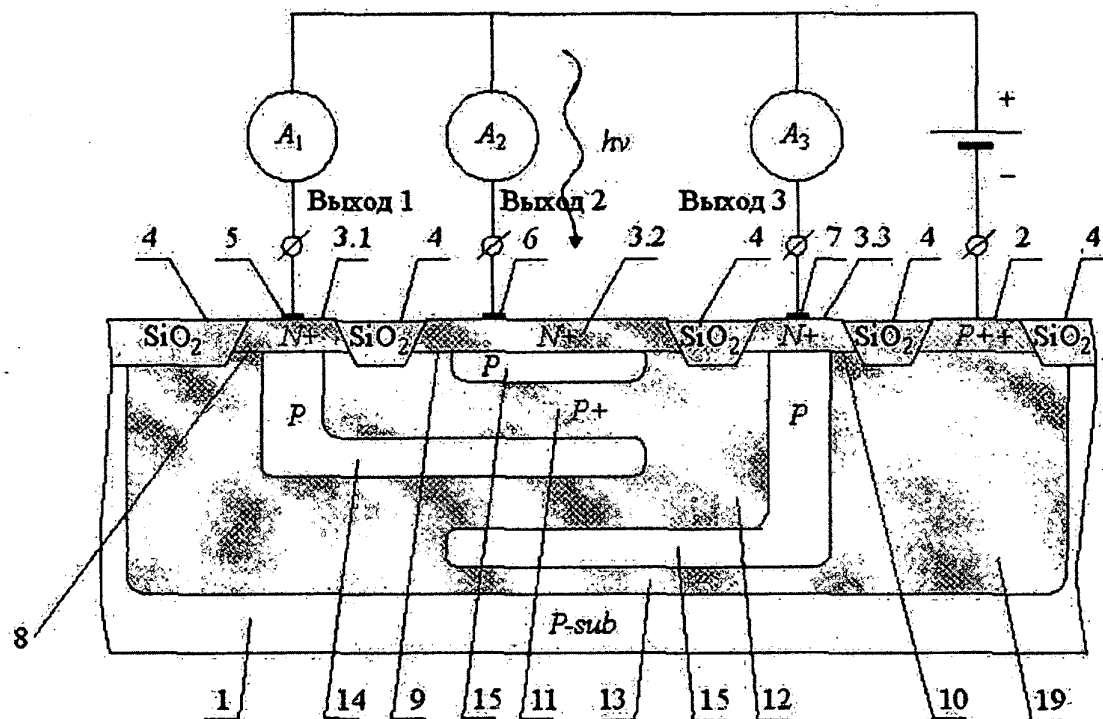
Реферат

Фотоприемная ячейка с разделением цветовых компонент света, падающего на ее поверхность, сформирована в кремниевой подложке первого типа проводимости с невыпрямляющим контактом и включающая: первую, вторую и третью области, которые имеют взаимное расположение и конфигурацию, обеспечивающие формирование первого и второго каналов для диффузии неосновных носителей заряда, генерированных в областях подложки, расположенных под первым и вторым потенциальными барьерами соответственно к первому и третьему *p-n*-переходам при этом длина каналов не превышает диффузионной длины неосновных носителей заряда.

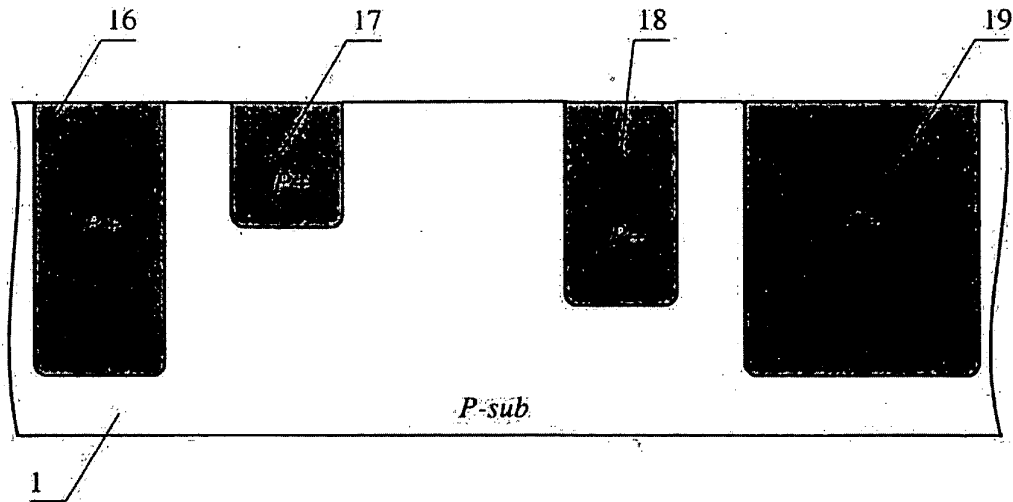
Техническим результатом настоящего изобретения является повышение пространственного разрешения проецируемого изображения и их динамического диапазона.

Другим техническим результатом настоящего изобретения является уменьшение площади фотоячейки.

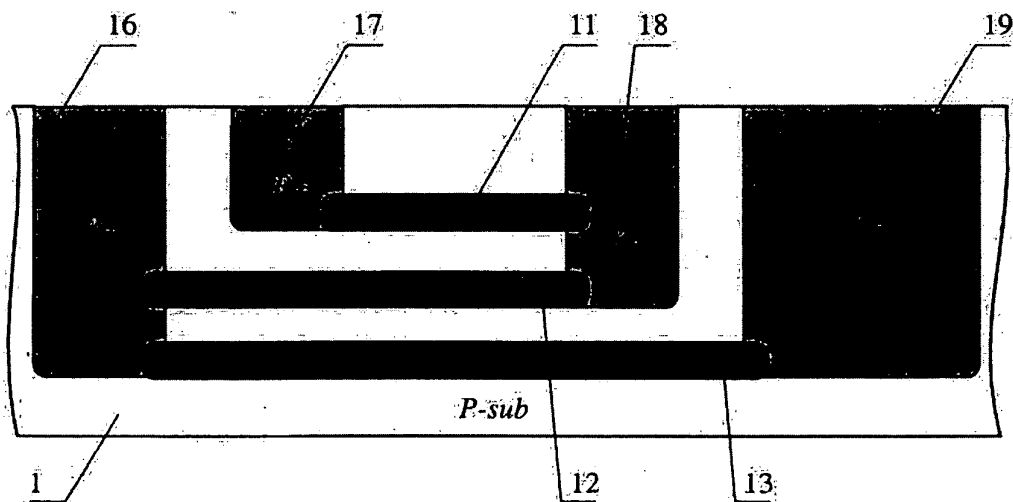
Фотоприемная ячейка с разделением цветов может найти широкое применение в многоэлементных фотоприемниках для видеокамер и цифровых фотоаппаратах.



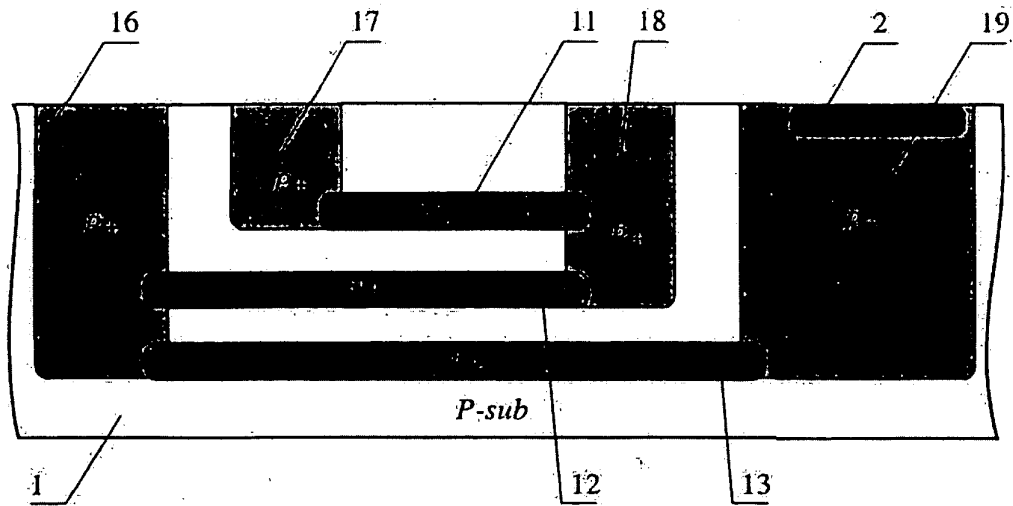
Фиг.1



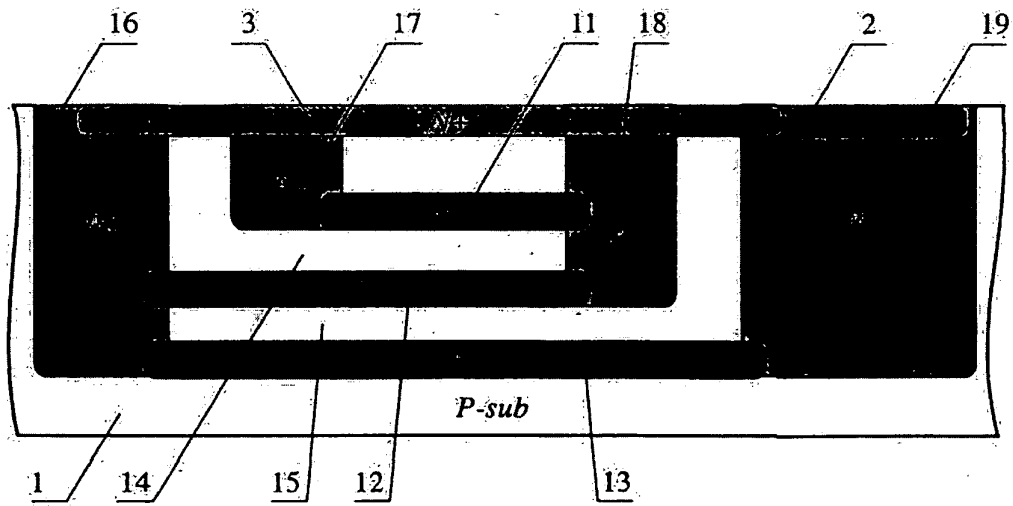
Фиг.2



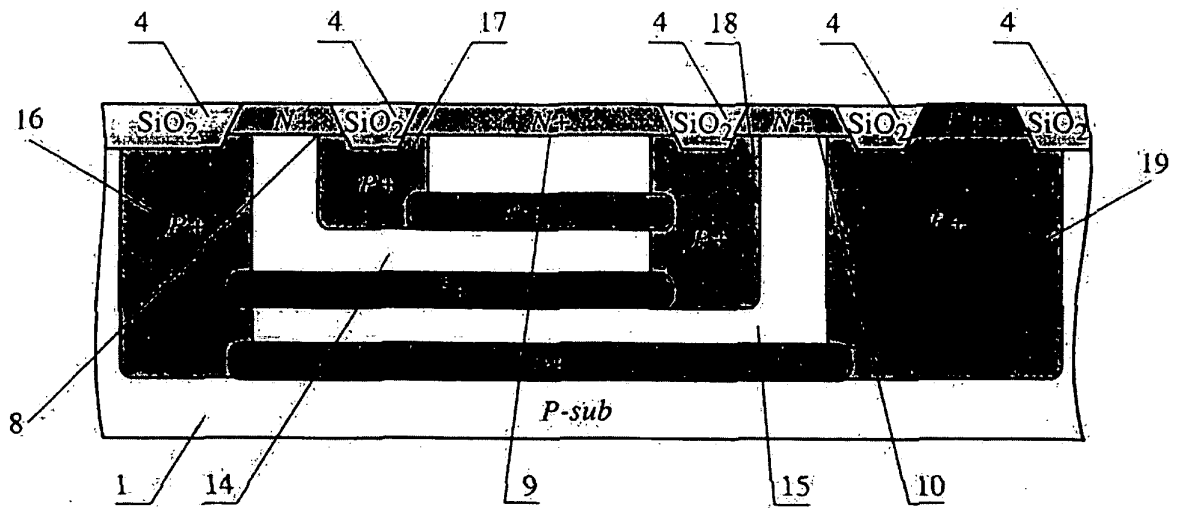
Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6